

BAB I

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Bab ini akan membicarakan analisa terhadap cap jari dan garis kasar penyelidikan yang telah dijalankan.

Berikut adalah topik yang akan dibincangkan dalam analisa cap jari :-

- i. Pengecaman cap jari.
- ii. Pengkelasan cap jari.
- iii. Proses perolehan imej cap jari.
- iv. *Automatic Fingerprint Identification System (AFIS)*.

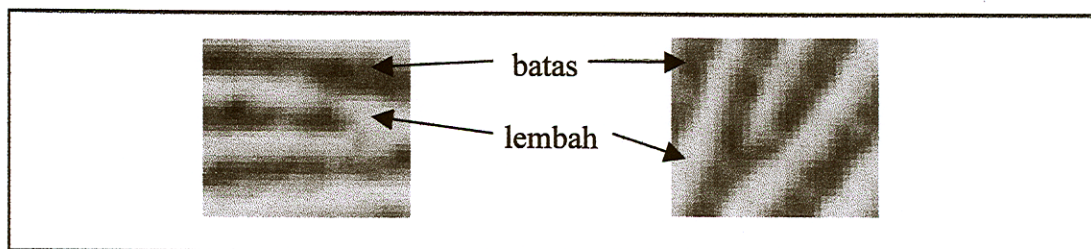
Garis kasar penyelidikan pula melibatkan sub topik berikut :-

- i. Latar belakang masalah penyelidikan.
- ii. Penyataan masalah penyelidikan.
- iii. Kepentingan penyelidikan yang dijalankan.
- iv. Objektif penyelidikan.
- v. Skop penyelidikan.

1.2 Analisa Cap Jari

Kepentingan dan keunikan cap jari telah dikenalpasti sejak beratus tahun dahulu walaupun sejarah awal tentang cap jari tidak diketahui secara tepat. Banyak sumbangan saintifik mengenai cap jari telah dihasilkan. Antara pelopor terawal yang memperkenalkan ilmu cap jari ialah Marcello Malpighi (1686) yang menerangkan corak yang terdapat pada hujung jari dalam penyelidikannya tentang kulit manusia. Hasil penemuan itu telah berkembang sehingga ke tahun 1870, Dr. Henry Faulds, Pengawas Pakar Bedah British di Hospital Tsukiji di Tokyo telah menyatakan bahawa cap jari adalah unik dan dikenalpasti penggunaannya dalam menyelesaikan masalah jenayah. Pada tahun 1888 pula, Sir Francis Galton telah membuktikan secara saintifik bahawa cap jari tidak akan berubah sepanjang hayat seseorang dan tidak ada dua individu mempunyai cap jari yang sama. Galton juga telah mengenalpasti *minutiae* yang terdapat pada cap jari dalam buku terbitan beliau yang bertajuk "Fingerprint" pada tahun 1892. Dengan maklumat cap jari yang diterbitkan oleh Galton, Sir Edward Henry telah berjaya mengelaskan cap jari pada tahun 1897.

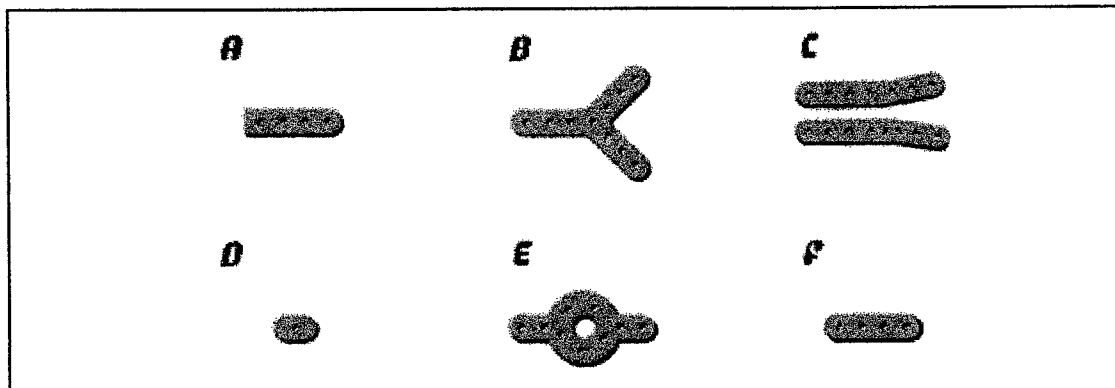
Cap jari terbentuk dengan wujudnya aluran kulit pada hujung jari manusia. Aluran kulit ini terdiri daripada batas-batas (garisan gelap) yang dipisahkan dengan lembah (garisan cerah) (rujuk Rajah 1.1). Terdapat dua sifat utama yang boleh diekstrak dari cap jari iaitu sifat-global (*high-level*) dan sifat-tempatan (*low-level*). Bagi sifat-global titik teras dan titik delta yang digunakan dalam pengelasan cap jari diekstrak. Manakala sifat-tempatan pula merupakan maklumat kriteria cap jari yang terdapat pada setiap individu yang dipanggil *minutiae* dan ianya digunakan dalam pengecaman cap jari (Kasaei et al., 1997).



Rajah 1.1 : Batas dan lembah pada imej cap jari.

1.2.1 Ciri Cap Jari

Proses pengecaman cap jari merupakan satu proses yang rumit kerana ianya melibatkan ciri-ciri yang terdapat pada cap jari. Ciri-ciri tersebut lebih dikenali sebagai *minutiae* yang ianya digunakan dalam mengenalpasti identiti seseorang individu. Berikut adalah antara *minutiae* yang terdapat pada imej cap jari.



Rajah 1.2 : Jenis-jenis *minutiae* : (A) titik akhir (B) titik cabang (C) pencapahan (D) titik atau pulau (E) tasik (F) batas pendek

(A) **titik akhir** : hujung batas cap jari (Rajah 1.2a).

(B) **titik cabang** : titik di mana batas cap jari memecah kepada beberapa batas (Rajah 1.2b).

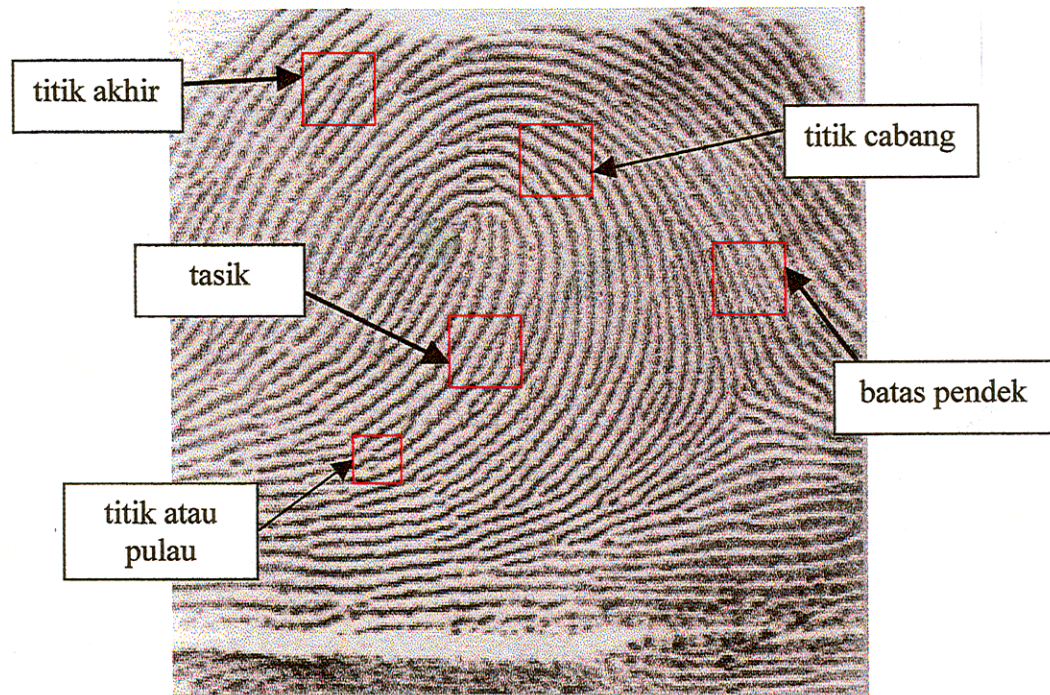
(C) **pencapahan** : dua batas yang selari atau hampir selari mencapah (Rajah 1.2c).

(D) **titik atau pulau** : batas yang pendek dan tersendiri. Ianya tidak bersambungan dengan batas lain (Rajah 1.2d).

(E) **tasik** : batas cap jari yang bercabang dan bertemu kembali sehingga membentuk satu kawasan yang tertutup (Rajah 1.2e).

(F) **batas pendek** : batas cap jari yang pendek tetapi tidak menyerupai **titik** atau **pulau** (Rajah 1.2f)

Walau bagaimanapun, kesemua *minutiae* ini merupakan gabungan titik akhir dan titik cabang. Contohnya, pulau terbentuk dengan dua titik akhir manakala tasik pula terbentuk dengan dua titik cabang. Oleh itu, *minutiae* yang paling penting yang digunakan dalam sistem pengecaman cap jari adalah titik akhir dan titik cabang sahaja. Rajah 1.3 menunjukkan contoh kedudukan *minutiae* pada imej cap jari.



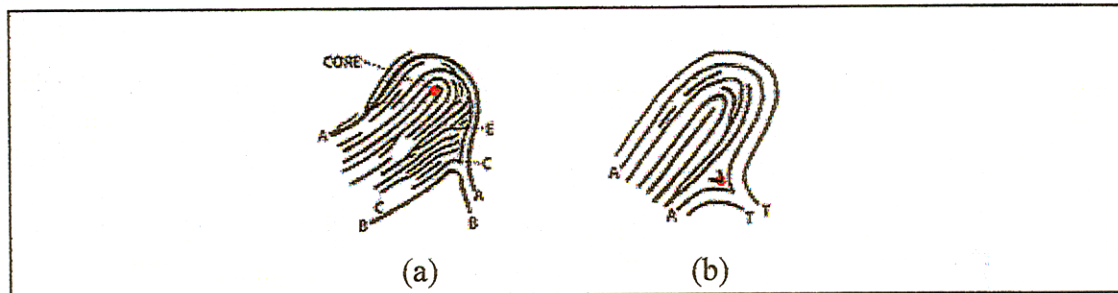
Rajah 1.3 : Kedudukan *minutiae* pada cap jari.

1.2.2 Pengelasan Cap Jari

Pengelasan cap jari boleh dibuat dengan membandingkan kedudukan dan bilangan teras dan delta yang terdapat pada cap jari. Berikut adalah penjelasan bagi titik teras dan delta :-

Teras : merupakan batas cap jari yang terletak pada tengah-tengah cap jari (rujuk Rajah 1.4a).

Delta : Titik yang berada pada atau di hadapan batas yang paling dekat dengan pusat penyimpangan. Delta boleh jadi sebarang elemen seperti titik, batas yang pendek, cabang, hujung batas atau persilangan dua batas (rujuk Rajah 1.4b).



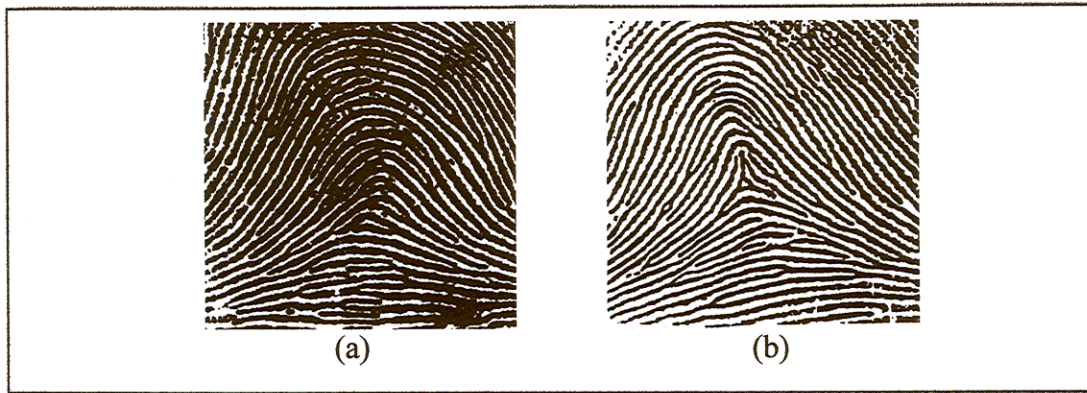
Rajah 1.4 : (a) teras. (b) delta.

Sir Edward Henry telah mewujudkan sistem pengkelasan cap jari yang diberi nama '*The Henry System*' yang mengelaskan cap jari kepada tiga kelas utama iaitu lengkung, gelung, dan pusar. Pihak *Federal Bureau Investigation* (FBI) yang menggunakan sistem ini telah memperincikan setiap kelas cap jari iaitu lengkung (lengkung biasa dan lengkung berkhemah), gelung (gelung kiri dan gelung kanan), dan pusar (pusar biasa, gelung berkembar dan gelung berpusat poket). Berikut adalah penerangan bagi setiap kelas cap jari :-

Lengkung : mempunyai corak batas cap jari yang berbentuk cembung dengan puncak di tengahnya. Ia dibahagikan kepada dua kelas iaitu lengkung biasa dan lengkung berkhemah (Rajah 1.5).

a) Lengkung biasa : coraknya terbentuk dengan batas cap jari memasuki dari satu sisi dan keluar pada sisi yang bertentangan dengan alunan ombak di tengahnya. Ianya adalah pengkelasan yang paling mudah dan tidak mempunyai teras mahupun delta (Rajah 1.5a).

b) Lengkung berkhemah : corak cap jari ini menyamai lengkung biasa. Perbezaanya batas di bahagian tengah cap jari membentuk sudut yang lebih curam (Rajah 1.5b).

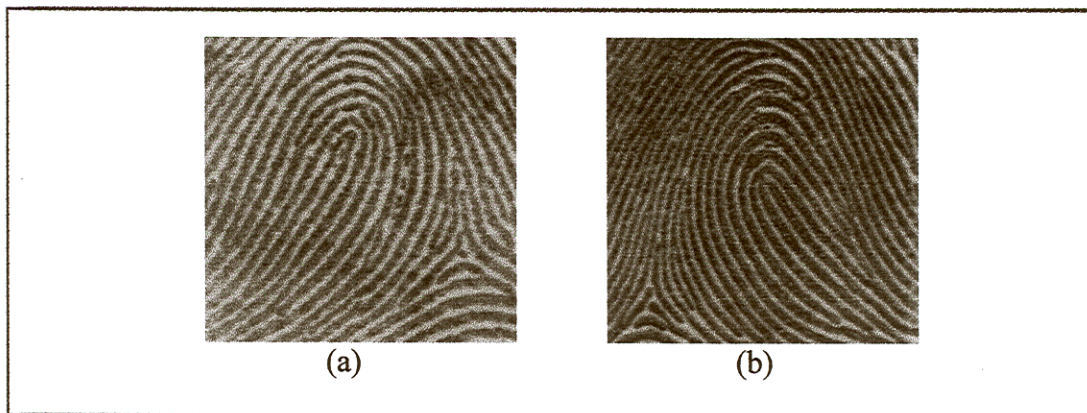


Rajah 1.5 : (a) Lengkung biasa. (b) Lengkung berkhemah.

Gelung : corak batasnya terbentuk dengan memasuki dari satu sisi dan keluar pada sisi yang sama. Gelung perlu mempunyai satu teras dan satu delta dengan kedudukan delta perlu rendah daripada teras. Gelung juga terbahagi kepada dua iaitu gelung kiri dan gelung kanan (Rajah 1.6).

a) Gelung kiri : batas cap jari masuk dan keluar dari sisi kiri dengan kedudukan delta juga berada pada sebelah kiri (Rajah 1.6a).

b) Gelung kanan : bertentangan dengan gelung kiri, batas cap jari masuk dan keluar dari sisi kanan dengan kedudukan delta pada belah kanan cap jari (Rajah 1.6b).



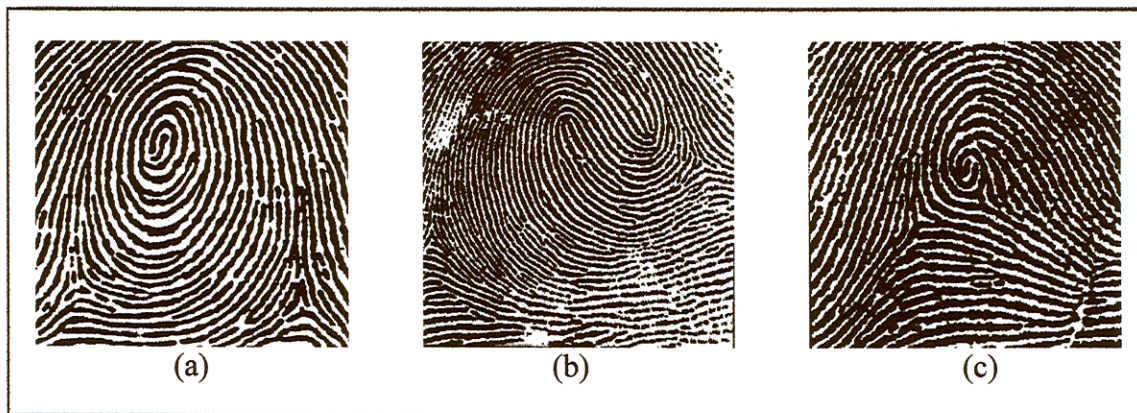
Rajah 1.6 : (a) Gelung kiri. (b) Gelung kanan.

Pusar : mempunyai sekurang-kurangnya satu batas cap jari yang membuat satu bulatan lengkap pada kawasan corak cap jari (Rajah 1.7).

a) **Pusar biasa** : corak cap jari ini perlu ada dua delta dan sekurang-kurangnya satu batas cap jari akan membentuk bulatan lengkap yang menjadi teras cap jari (Rajah 1.7a).

b) **Gelung berkembar** : batas cap jari akan membentuk dua lengkung yang berasingan dan mempunyai dua delta (Rajah 1.7b).

c) **Gelung berpusat poket** : coraknya mempunyai satu delta dan sekurang-kurangnya satu batas cap jari membentuk satu bulatan yang lengkap (Rajah 1.7c).



Rajah 1.7 : (a) Pusar biasa. (b) Gelung berkembar. (c) Gelung berpusat poket.

1.2.3 Bagaimana Imej Cap Jari Diperolehi ?

Dalam memperoleh imej cap jari, dua kaedah boleh digunakan iaitu dengan menggunakan dakwat (*off-line*) ataupun menggunakan peranti imbas-langsung (*live-scan*) iaitu tanpa menggunakan dakwat.

Beberapa proses perlu dilalui dalam memperoleh imej cap jari yang menggunakan dakwat. Mula-mula, jari yang hendak diambil imejnya perlu ditelekan pada permukaan rata yang dilumur dengan dakwat khas dari hujung kuku kiri ke hujung kuku kanan. Selepas itu, jari yang berdakwat tersebut perlu ditekan pada kertas yang permukaannya juga rata dengan menggelekan jari mengikut cara yang sama supaya keseluruhan permukaan cap jari diperolehi.

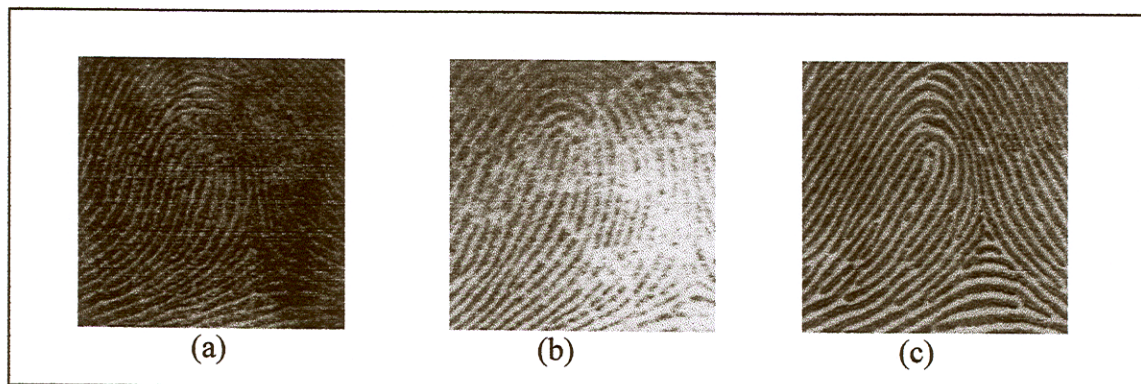
Seterusnya, imej cap jari yang diperoleh pada kertas diimbas dengan pengimbas untuk menukar imej tersebut dalam bentuk digital bagi memudahkan proses pengecaman dilakukan secara automatik.

Proses perolehan imej cap jari dengan menggunakan peranti imbas-langsung adalah lebih mudah berbanding dengan menggunakan dakwat. Jari diletakkan pada permukaan pengimbas peranti imbas-langsung dan imej cap jari terus diperoleh secara digital. Terdapat banyak peranti imbas-langsung di pasaran yang diciptakan khas untuk memperoleh imej cap jari secara digital. Antaranya ialah *Biometric-Scanner Veridicom Passprint*, *Fingerprint Identification Reader* dan sebagainya. Kebanyakan peranti imbas-langsung akan menghasilkan imej berskala kelabu (Parker, 1997) dengan nilai piksel pada imej tersebut berada di antara nilai 0 hingga 255. Nilai 0 mewakili piksel yang berwarna hitam manakala nilai 255 pula mewakili piksel yang berwarna putih (Rajah 1.8).



Rajah 1.8 : Nilai skala kelabu.

Kualiti imej cap jari yang diperoleh sama ada dengan menggunakan dakwat atau peranti imbas-langsung adalah dipengaruhi oleh beberapa faktor. Antaranya ialah kelembapan kulit, tekanan semasa mengecap ataupun kuantiti dakwat yang digunakan. Rajah 1.9 menunjukkan tiga jenis kualiti imej yang dihasilkan.



Rajah 1.9 : (a) Imej basah. (b) Imej kering. (c) Imej bebas hingar.

Rajah 1.9a menunjukkan keadaan imej basah berlaku dengan batas-batas cap jari kelihatan bersambungan antara satu sama lain dan sukar untuk menentukan aluran batas cap jari. Imej basah ini mungkin terjadi apabila keadaan kulit adalah lembap, lebihan dakwat dikenakan pada jari ataupun tekanan yang kuat diberikan semasa mengecap. Imej kering (Rajah 1.9b) pula adalah imej cap jari dan batas-batas cap jari kelihatan terputus. Keadaan ini terjadi apabila kekurangan dakwat dikenakan pada jari, tekanan yang tidak cukup kuat diberikan semasa mengecap ataupun kulit jari terlalu kering. Dalam konteks imej digital, keadaan imej basah dan imej kering lebih dikenali sebagai imej hingar (*noise*). Konsep hingar dalam konteks imej cap jari akan dibincangkan dengan lebih lanjut dalam Bab II. Imej bebas hingar (Rajah 1.9c) pula adalah imej berbentuk aluran batas cap jari, titik teras, titik delta dan kesemua *minutiae* pada imej tersebut jelas kelihatan dengan mata kasar. Keadaan batas cap jari bersambung atau terputus tidak terjadi pada imej bebas hingar. Imej sebegini sesuai digunakan dalam pemprosesan untuk mengekstrak *minutiae* ataupun dalam pengkelasan cap jari secara automatik.

1.2.4 *Automatic Fingerprint Identification System (AFIS)*

Pada tahun 1946, pihak *Federal Bureau Investigation* (FBI) telah memproses 100 juta kad cap jari dengan menggunakan mata kasar. Menjelang tahun 1971, bilangannya meningkat hingga 200 juta kad. Bilangan kad cap jari akan semakin bertambah dari setahun ke setahun dan merumitkan proses mengenalpasti identiti seseorang memandangkan ia memakan masa yang lama dan memerlukan kepakaran yang tinggi.

Dengan perkembangan teknologi komputer, sistem pengecaman cap jari secara automatik dibangunkan dan menarik ramai penyelidik dalam menyumbangkan ilmu dan teknologi dalam sistem ini. Terdapat dua jenis sistem dalam industri pengecaman cap jari iaitu sistem yang melaksanakan pemadanan satu-dengan-satu dan pencarian satu-dengan-banyak.

Sistem pengesahan identiti menggunakan mekanisma pencarian satu-dengan-satu. Untuk memulakan proses pengesahan ini, seseorang itu perlu memberitahu identitinya kepada sistem tersebut. Antara caranya adalah dengan memasukkan nombor pengenalan ataupun dengan menggunakan kad pintar. Selepas itu, sistem akan membuat pengesahan identiti melalui cap jari yang diperoleh secara interaktif dengan maklumat yang terdapat dalam pangkalan data.

Sistem pencarian satu-dengan-banyak juga dikenali sebagai Sistem Pengecaman Cap Jari. Sistem ini berfungsi dengan membandingkan cap jari yang tidak dikenali dengan cap jari yang terdapat dalam pangkalan data sistem tersebut. Dengan cara ini, sistem tersebut akan mengenalpasti identiti bagi sampel cap jari yang diperolehi. Sistem ini banyak digunakan di Amerika Syarikat terutama dalam penguatkuasaan undang-undang yang lebih dikenali sebagai AFIS.

Pembangunan AFIS semakin pesat dari masa ke semasa dalam memenuhi permintaan pengguna. Kini, AFIS bukan sahaja digunakan dalam bidang perundangan, malah ianya telah dikomersialkan dalam bidang perniagaan. Dengan penggunaan yang meluas, maka AFIS sering dipertingkatkan keupayaannya dari segi ketepatan dalam pengecaman dan juga masa yang digunakan untuk memproses satu-satu imej cap jari.

1.3 Garis Kasar Penyelidikan

Penyelidikan yang dijalankan dalam konteks cap jari tertumpu kepada pengecaman yang melibatkan mengesan *minutiae* dalam imej cap jari. Jenis *minutiae* yang diberi tumpuan adalah titik akhir dan titik cabang sahaja. Berikut adalah garis kasar bagi penyelidikan yang dijalankan.

1.3.1 Latar belakang Masalah Penyelidikan

Sejak penemuan cap jari sehingga kini, banyak penyelidikan telah dijalankan terutama dalam membangunkan AFIS. Pelbagai teknik telah diperkenalkan dan sering diperbaiki dari masa ke semasa bagi mempertingkatkan mutu AFIS. Antara skop yang menjadi tumpuan dalam penyelidikan adalah mengesan *minutiae* pada imej cap jari bagi tujuan proses pengecaman. Daripada hasil penyelidikan yang dijalankan, AFIS melaksanakan proses pengecaman dengan menapis imej cap jari. Antara proses yang terlibat dalam penapisan imej sebelum proses mengesan *minutiae* adalah:

- i. Proses perolehan imej (*feature extraction*),
- ii. Proses pembuangan hingar (*noise removal*),
- iii. Proses meningkatkan kualiti imej (*enhancement*),
- iv. Proses orientasi (*orientation*),
- v. Proses segmentasi (*segmentation*), dan
- vi. Proses penipisan (*thinning*).

Secara lazimnya, setiap imej cap jari perlu melalui proses segmentasi dan penipisan sebelum *minutiae*nya dikesan. Sungguhpun demikian, Maio dan Maltoni (1997) telah mengenalpasti masalah yang dihadapi sekiranya imej cap jari melalui proses konvensional ini, antaranya ialah :

- a) banyak maklumat cap jari seperti batas dan *minutiae* mungkin akan hilang semasa proses segmentasi,
- b) proses segmentasi dan penipisan memakan masa yang lama,
- c) proses segmentasi akan memperoleh hasil yang kurang memuaskan bagi imej cap jari yang berkualiti rendah.

Penerangan bagi setiap proses penapisan di atas dan masalah yang dihadapi akan dibincangkan dengan lebih lanjut dalam Bab II (Kajian Literatur).

Oleh itu, Maio dan Maltoni (1997) telah mengambil inisiatif untuk mengatasi masalah yang wujud dalam kaedah konvensional. Mereka telah memperkenalkan kaedah baru untuk mengesan *minutiae* terus dari imej cap jari berskala kelabu iaitu tanpa melalui proses penapisan dengan menggunakan Algoritma Susuran Batas

(*Ridge Line Following*). Algoritma Susuran Batas ini berfungsi dengan menyusuri batas cap jari sehingga *minutiae* dikesan. Hasil daripada penyelidikan yang dijalankan, Algoritma Susuran Batas dapat menjimatkan masa dalam mengesan *minutiae* berbanding dengan kaedah konvensional.

1.3.2 Pernyataan Masalah Penyelidikan

Walaupun Algoritma Susuran Batas yang diperkenalkan oleh Maio dan Maltoni (1997) dapat menjimatkan masa dalam mengesan *minutiae* namun masih terdapat beberapa kelemahan. Antara kelemahan yang dinyatakan dalam hasil penyelidikan mereka adalah:

- a) Algoritma Susuran Batas tidak dapat mengesan kesemua *minutiae* asli dalam satu-satu imej cap jari. *Minutiae* asli adalah *minutiae* yang terdiri daripada titik akhir dan titik cabang yang wujud pada imej cap jari.
- b) Wujudnya *minutiae* tertukar dan *minutiae* gugur. *Minutiae* tertukar adalah disebabkan algoritma mengesan titik akhir sebagai titik cabang dan sebaliknya. *Minutiae* gugur pula adalah titik akhir atau titik cabang yang tidak dikesan oleh algoritma.

Oleh itu,

Apakah pendekatan yang boleh digunakan untuk memperbaiki Algoritma Susuran Batas supaya minutiae asli dapat dikesan dengan tepat di samping menghapuskan minutiae tertukar dan minutiae gugur ?

- i. Dalam Algoritma Susuran Batas terdapat satu proses khusus untuk mengira nilai tangen. Nilai tangen yang dijana digunakan untuk
 - a) menentukan keratan rentas pada batas cap jari,
 - b) menentukan arah seterusnya yang perlu disusuri oleh algoritma, dan
 - c) mengesan titik akhir dalam imej cap jari berskala kelabu.

Adakah nilai tangen memberi kesan yang mendalam dalam mengesan *minutiae* asli ?

ii. Menurut Maio dan Maltoni (1997), titik akhir dikesan berdasarkan pada nilai tangen yang dijana dalam Algoritma Susuran Batas. Dapatkah kaedah ini dielakkan memandangkan nilai tangen yang dijana adalah berbeza mengikut teknik yang diimplemenkan ?

iii. Dalam penyelidikan Maio dan Maltoni (1997), Algoritma Susuran Batas diimplemenkan pada imej cap jari berskala kelabu untuk mengesan *minutiae*. Imej tersebut tidak melalui sebarang proses penapisan walaupun proses pembuangan hingar mahupun proses peningkatan kualiti. Sekiranya imej cap jari melalui proses-proses tersebut, dapatkah ia mengesan *minutiae* asli dengan tepat ?

1.3.3 Kepentingan Penyelidikan yang Dijalankan

AFIS telah lama dibangunkan dan digunakan dalam bidang penguatkuasaan undang-undang mahupun dalam bidang sivil. Sungguhpun demikian, AFIS masih dipertingkatkan mutu dan kualiti sama ada dari segi perisian ataupun perkakasan dari masa ke semasa supaya seiring dengan perkembangan teknologi kini. Mutu dan kualiti yang ingin dipersembahkan adalah melalui ketepatan dan kecekapan AFIS dalam mengecam ataupun mengelaskan imej cap jari. Oleh itu, jelas sekali bahawa kepentingan penyelidikan ini adalah untuk mempertingkatkan kualiti iaitu ketepatan dalam mengesan *minutiae* asli.

1.3.4 Objektif Penyelidikan

- i. Mengesan *minutiae* asli secara terus imej cap jari berskala kelabu.
- ii. Mengurangkan *minutiae* palsu iaitu *minutiae* gugur dan *minutiae* tertukar.
- iii. Mencari kaedah yang sesuai untuk perkara (1) dan (2) di atas.

1.3.5 Skop Penyelidikan

- i. Imej cap jari berskala kelabu digunakan.
- ii. Dua jenis *minutiae* yang dikesan iaitu titik akhir dan titik cabang.
- iii. Lima kelas utama cap jari iaitu lengkung biasa, lengkung berkhemah, gelung kiri, gelung kanan dan pusar digunakan.
- iv. Sampel imej diperoleh dari *National Institute of Standards and Technology* (NIST).
- v. Imej cap jari sebanyak 350 berformat TIFF (Tagged Image File Format) digunakan sebagai sampel dengan saiz 254 x 254 piksel dan resolusi 300 dpi (dot per inch).
- vi. Hasil yang dibincangkan dalam eksperimen ini adalah dari segi ketepatan mengesan *minutiae*. Pengujian dari segi masa yang diambil untuk mengesan *minutiae* pada imej cap jari tidak diambil kira.
- vii. Pendekatan domain separa digunakan iaitu manipulasi dibuat secara terus ke atas piksel-piksel pada imej cap jari.

1.3.6 Definisi dan Terminologi

Algoritma Susuran Batas	Algoritma yang menyusuri batas cap jari untuk mengesan <i>minutiae</i>
Delta	Titik di mana dua batas selari terpisah
<i>Minutiae</i>	Ciri-ciri yang terdapat pada cap jari seperti titik akhir, titik cabang, pulau dan sebagainya

<i>Minutiae</i> Asli	<i>Minutiae</i> yang wujud pada cap jari
<i>Minutiae</i> Gugur	<i>Minutiae</i> yang tidak dikesan oleh Algoritma Susuran Batas
<i>Minutiae</i> Tertukar	Titik cabang pada imej cap jari dikesan sebagai titik akhir dan sebaliknya
Normalisasi Imej	Menegakkan imej cap jari yang senget bagi memudahkan proses pengecaman cap jari
Orientasi	Mendapatkan arah aliran batas cap jari
Pelicinan Imej	Melicinkan (<i>smoothen</i>) batas cap jari bagi mengelakkan mengesan <i>minutiae</i> yang salah
Pembuangan Hingar	Proses membuang hingar pada imej cap jari
Pemulihan Imej	Proses bagi menyambungkan batas-batas yang terputus selepas proses segmentasi supaya mengekalkan ciri-ciri asal cap jari
Peningkatan Kualiti Imej	Proses untuk menimbulkan batas cap jari
Penipisan Imej	Proses menipiskan batas cap jari sehingga lebar batasnya menjadi satu piksel
Perolehan Imej	Proses mendapatkan imej cap jari melalui NIST
Segmentasi Imej	Memisahkan imej cap jari dari latar belakang
Spur	Salah satu <i>minutiae</i> yang salah

Teras

Bahagian tengah cap jari

Topeng Sobel

Sobel Mask digunakan untuk mendapatkan arah
batas cap jari